

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift
(10) DE 44 12 915 A 1

(51) Int. Cl. 5:

H 01 J 37/32

C 23 C 16/50

C 23 F 4/00

// G 09 F 9/313

(21) Aktenzeichen: P 44 12 915.7
(22) Anmeldetag: 14. 4. 94
(43) Offenlegungstag: 10. 11. 94

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
03.05.93 CH 1343/93

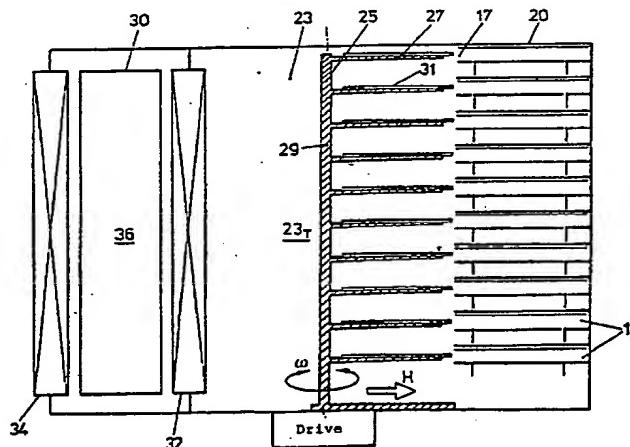
(71) Anmelder:
Balzers AG, Balzers, LI

(74) Vertreter:
Herrmann-Trentepohl, W., Dipl.-Ing., 44623 Herne;
Kirschner, K., Dipl.-Phys.; Bockhorni, J., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte; Strasse, M., Rechtsanw.; Grosse, W.,
Dipl.-Ing., 81476 München; Thiel, C., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat., 44623 Herne; Dieterle, J., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 04109 Leipzig

(72) Erfinder:
Turlot, Emmanuel, Dr.-Ing., Verrieres le Buisson, FR;
Emeraud, Thierry, Dr.-Ing., Bures sur Yvettes, FR;
Schmitt, Jacques, Dr.-Ing., La Ville du Bois, FR

(54) Plasmabehandlungsanlage und Verfahren zu deren Betrieb

(57) Um eine Mehrzahl von Werkstücken parallel einer Plasmabehandlung in Vakuum zu unterziehen, wird eine Anlage vorgeschlagen mit einem Stapel (20) von Plasmakammern (1), einem Magazin (36), wobei eine Transporteinrichtung (25) vorgesehen ist, angeordnet in einem Transportraum (23), welche gleichzeitig alle Plasmakammern (1) des Stapels (20) bedient. Die Anlage wird insbesondere für die PECVD-Beschichtung eingesetzt.



BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Behandlungsanlage für die Vakuumplasmabehandlung von Werkstücken nach Anspruch 1 sowie ein Verfahren zu deren Betrieb nach Anspruch 11 sowie die Verwendung einer solchen Anlage nach Anspruch 17 für PECVD-Beschichtungsverfahren.

Es wird auf folgenden Stand der Technik hingewiesen: DE-U 91 13 860, EP-A 0 381 338 (entsprechend JP-A 2 297 925, US-A 5 112 641 und US-A 5 217 340) sowie auf DATABASE WPI, Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 90-265161 C35 & JP-A 2 186 628.

Die vorliegende Erfindung stellt sich zur Aufgabe, eine Plasmabehandlungsanlage zu schaffen, bei der eine Mehrzahl von Werkstücken parallel bearbeitet werden kann und bei der die notwendige Anzahl Bedienungszyklen minimalisiert wird, um in möglichst kurzer Zeit und mit möglichst geringem handling-Aufwand einen möglichst hohen Durchsatz zu erreichen. Die Minimalisierung des handling-Aufwandes schlägt sich dabei auch nieder auf den Konstruktionsaufwand und den Steuerungsaufwand an einer derartigen Anlage.

Die erfindungsgemäße Anlage zeichnet sich aus nach dem kennzeichnenden Teil von Anspruch 1.

Dabei wird konsequent das Prinzip der Parallelverarbeitung nicht nur auf die eigentliche Werkstückbearbeitung angewandt, sondern auch auf die Werkstückhandhabung, insbesondere das Beschricken bzw. Entladen der parallel angeordneten Plasmakammern. Dies dadurch, daß die erwähnte drehbewegliche Transporteinrichtung gleichzeitig die vorgesehenen Plasmakammern bedient. Bezüglich Plasmakammern wird auf die EP-A 0 221 812 und 0 312 447 verwiesen.

Im weiteren wird durch die konsequent horizontale Handhabung und Bearbeitung der Werkstücke der notwendige konstruktive Aufwand gegenüber Vertikalhandhabung und -bearbeitung wesentlich reduziert, auch gegenüber Mischformen, bei denen die Werkstückhandhabung wechselnd zwischen Horizontal- und Vertikalausrichtung vorgenommen wird.

Obwohl es in einer Grundfiguration ohne weiteres möglich ist, den gemeinsamen Kammerraum, in welchen die Bedienungsöffnungen der Stapelkammern ausmünden, als Schleusenkammer gemäß Wortlaut von Anspruch 2 aus zubilden und mithin die Transporteinrichtung in dieser Schleusenkammer, wird in einer bevorzugten Minimalkonfiguration der Anlage nach Wortlaut von Anspruch 3 der gemeinsame Kammerraum, in welchen die Bedienungsöffnungen ausmünden, als Transportraum ausgebildet, woran zusätzlich zum Kammerstapel mindestens eine Schleusenkammer angeordnet ist und an welchen bei Ausbau der Anlage mehr als ein Kammerstapel mit der erwähnten Transporteinrichtung parallel bedienbar ist.

Dem Wortlaut von Anspruch 4 folgend, wird dabei vorzugsweise in der Schleusenkammer ein Magazin vorgesehen mit Magazinfächern, deren Anzahl gleich der gesamthaft an der Anlage vorgesehenen Bedienungsöffnungen des oder der Stapel ist, womit das Magazin von außen jeweils mit der notwendigen Werkstückzahl beladen werden kann und diese durch die Transporteinrichtung den gestapelten Kammern zugeführt werden können.

Wird in einer bevorzugten Ausführungsvariante die Anzahl Magazinfächer gleich der doppelten Anzahl vorgesehener Plasmakammern ausgelegt, so wird es möglich, das Magazin gleichzeitig mit bearbeiteten

Werkstücken und noch zu bearbeitenden zu beladen.

Bevorzugte Ausführungsvarianten der erfindungsgemäßen Anlage sind weiter in den Ansprüchen 5 bis 10 spezifiziert.

5 Bevorzugte Ausführungsvarianten des Betriebsverfahrens sind weiter in den Ansprüchen 12 bis 16 spezifiziert.

Die Erfindung wird anschließend beispielsweise anhand von Figuren erläutert.

10 Es zeigen:

Fig. 1 schematisch im Längsschnitt eine erste bevorzugte Ausführungsform einer Plasmakammer, wie sie an der erfindungsgemäßen Anlage vorzugsweise eingesetzt wird;

15 Fig. 2a schematisch einen Längsschnitt durch eine bevorzugte Minimalkonfiguration der erfindungsgemäßen Anlage;

Fig. 2b bis 2d ausgehend von der Darstellung nach Fig. 2a, den Belade- und Entladezyklus der Plasmakammern an der erfindungsgemäßen Anlage gemäß Fig. 2a;

20 Fig. 3 schematisch im Längsschnitt die vorzugsweise an der erfindungsgemäßen Anlage gemäß Fig. 2 vorgesehenen Mittel, um zwischen den Behandlungsräumen in den Plasmakammern und diesen vorgelagertem Raum mindestens eine Druckstufe zu erstellen;

Fig. 4a bis 4e anhand schematischer Aufsichtsdarstellungen der erfindungsgemäßen Anlage mit zwei Plasmakammerstapeln und einer Schleusenkammer einen bevorzugten Durchlaufzyklus für Werkstücke;

25 Fig. 5a bis 5d schematisch an den gestapelten Plasmakammern der erfindungsgemäßen Anlage gemäß Fig. 2 ihre zentrale gemeinsame Bedienung mit Gas (a), Pumpen (b), elektrischer Energie (c) und bezüglich Meß-, Steuer- und/oder Stellsignalen in regelndem Sinne anhand des Beispiels zentraler Überwachung mittels eines Plasmaemissionsmonitors;

30 Fig. 6 schematisch im Längsschnitt eine bevorzugte Ausführungsform eines Schleusenkammermagazins an der Anlage gemäß Fig. 2;

35 Fig. 7 schematisch im Längsschnitt eine bevorzugte Weiterbildung der anhand von Fig. 1 gezeigten Kammer, erfindungsgemäß an der Anlage gestapelt, mit zur Erläuterung einer an der erfindungsgemäßen Anlage vorzugsweise genutzten, gezielten Staubausnutzung für die Plasmabehandlung;

40 Fig. 8A bis 8E bevorzugte Varianten der Absaugung an den an der Anlage gemäß Fig. 2 vorgesehenen gestapelten Plasmakammern zur Realisierung des bevorzugterweise eingesetzten, anhand von Fig. 7 erläuterten Verfahrens;

45 Fig. 9 anhand einer der erfindungsgemäß an der Anlage gestapelten Kammern eine bevorzugte Bedienungssequenz unter Ausnutzung des Verfahrens, wie es anhand von Fig. 7 erläutert wurde, einerseits zur Beherrschung der Staubbildung in der Plasmaentladung, anderseits zu ihrer gezielten Ausnutzung zur Erhöhung der Behandlungs-, insbesondere Beschichtungsrate.

50 In der vorliegenden Beschreibung wird unter dem Ausdruck "Plasmakammer" ein evakuiert Raum verstanden, worin eine selbständige Plasmaentladung unterhalten wird, sei dies eine DC-, AC-, gemischt AC-und DC-Plasmaentladung, insbesondere auch eine Hochfrequenzentladung, kontinuierlich unterhalten oder mindestens zeitweise gepulst. Es wird auf die EP-

55 A 0 221 812 sowie die EP-A 0 312 447 verwiesen, die zum integrierten Bestandteil der vorliegenden Beschreibung erklärt werden. Die Plasmakammer kann dabei bevorzugterweise mindestens teilweise durch Abschot-

tungswände begrenzt sein. Typischerweise wird in den Plasmakammern ein Druck von 10^{-2} mbar bis 10 mbar, vorzugsweise von 10^{-1} mbar bis 1 mbar unterhalten.

In Fig. 1 ist als Beispiel und als bevorzugte Ausführungsvariante schematisch im Längsschnitt eine Plasmakammer 1 dargestellt. Sie umfaßt in ihrem oberen Bereich eine flächig ausgedehnte Elektrode 3, welche DC-, AC- oder gemischt AC- und DC-gespiesen wird, wobei unter AC auch und insbesondere HF verstanden sei und unter AC + DC Gemischspeisung, insbesondere auch gepulste DC- bzw. gepulste HF-Speisung. Unter HF sei ein Frequenzbereich von 1 bis 100 MHz verstanden. Bei der dargestellten Ausführungsvariante weist die flächige Elektrode 3 flächig verteilte Austrittsöffnungen 5 auf, durch welche ein Gas G mindestens mit einem Reaktivgasanteil dem Plasmaentladungsraum PL zugespiesen wird. Im Boden 7 der Plasmakammer 1 ist in einer bevorzugten Ausführungsvariante ein Hubmechanismus 9 vorgesehen mit einem Antrieb 11 zum Ablegen des Substrates. Er umfaßt beispielsweise drei mit dem Antrieb 11 auf und ab bewegliche Stöbel 13, welche, wie schematisch dargestellt, mittels des Antriebes 11 synchron betrieben werden und beispielsweise mittels Federbalgen 15 gegen die Umgebung abgedichtet sind. Es ist auch möglich, die Stöbel 13 so auszubilden, daß sie, abgesenkt, selbstdichtend wirken.

Eine Plasmakammer, beispielsweise und vorzugsweise der dargestellten Art, ist Grundbaustein für die nachfolgend beschriebene Anlage, bei welcher es sich nicht zwingend, aber weitaus bevorzugt, um eine Anlage zum plasmaunterstützten chemischen Dampfabscheidungsbeschichten von Werkstücken handelt, bekannt unter der Abkürzung PECVD, dabei insbesondere unterstützt durch ein Hochfrequenzplasma.

In Fig. 2 ist schematisch eine Minimalkonfiguration der Anlage schematisch dargestellt. Sie umfaßt, wie erwähnt in Minimalkonfiguration, einen Stapel 20 über-einanderliegender Plasmakammern 1. Letztere sind in den Fig. 2a bis 2d nurmehr schematisch dargestellt und vorzugsweise aufgebaut, wie anhand von Fig. 1 erläutert wurde.

Die Plasmakammern 1 weisen seitlich je Bedienungsöffnungen 17 auf, welche mithin einen Bedienungsstapel bilden und alle in einen gemeinsamen Vakuumraum 23 ausmünden. Der außerhalb der Plasmakammern 1 liegende Vakuumraum 23 bildet einen Transportraum 23_T. Darin ist eine Transporteinrichtung 25 vorgesehen, welche eine Anzahl horizontaler Träger 27 umfaßt, bevorzugterweise ausgebildet als Trägergabeln. Die Anzahl vorgesehener horizontaler Träger 27 ist gleich der am Stapel 20 vorgesehenen Anzahl Plasmakammern 1. Die Träger 27 sind, wie mit dem Pfeil H dargestellt, vorzugsweise synchron, horizontal verschieblich, wie dargestellt, beispielsweise, indem sie gemeinsam an einem in Horizontalrichtung H getrieben hin und her verschieblichen Trägerbaum 29 montiert sind. Durch dieses horizontale Vorschieben bzw. Rückholen werden bevorzugterweise flächige Werkstücke 31 durch die Bedienungsöffnungen 17 der Plasmakammern 1 in letztere eingeführt bzw. daraus rückgeholt, wie aus den Fig. 2b bis 2d ersichtlich.

Zum Beladen aller Plasmakammern 1 des Stapels 20 wird in Fig. 2a die Transporteinrichtung 25 nach rechts vorgeschoben, bis sie die in Fig. 2b dargestellte Position erreicht. Daraufhin wird der anhand von Fig. 1 dargestellte Hubmechanismus 9 mit den Stöbeln 13 angehoben und hebt in allen Plasmakammern 1 gleichzeitig die Werkstücke 31 von den Trägern 27 ab. Dies ist in Fig. 2b

durch den Pfeil V schematisch dargestellt.

Nach Abheben der Werkstücke 31 durch den Hubmechanismus 9 mit den Stöbeln 13 gemäß Fig. 1 und Erreichen der Relativpositionen gemäß Fig. 2c wird die Transporteinrichtung 25 mit den Trägern 27 in der in Fig. 2c dargestellten Richtung horizontal rückgeholt, gemäß Fig. 2d werden daraufhin die Werkstücke 31 durch Absenken der Hubeinrichtung 9 gemäß Fig. 1 in ihre Behandlungsposition abgesenkt.

Es versteht sich von selbst, daß die beschriebene vertikale Relativbewegung der Werkstücke 31 bezüglich der Träger 27 auch dadurch realisiert werden kann, daß synchron alle Träger 27 in den Kammern 1 abgesenkt bzw. zum Rückholen der Werkstücke, angehoben werden und letztere auf stationären Ablagen in den Plasmakammern für die Bearbeitung abgelegt werden können.

In der Minimalkonfiguration der Behandlungsanlage, welche, wie bereits beschrieben wurde, einen Vakuumraumbereich mit dem Plasmakammerstapel 20 umfaßt, weiter einen Transportraumabschnitt 23_T, worin die Transporteinrichtung 25 vorgesehen ist und sich darin bewegt, weist weiter, gemäß Fig. 2a, eine Schleusenkammer 30 auf, welche, wie schematisch dargestellt, gegen den Transportraumbereich 23_T ein erstes Schleusenventil 32 und gegen Anlagenumgebung ein weiteres Schleusenventil 34 aufweist. In der Schleusenkammer ist ein Magazin 36 für die Zwischenlagerung noch zu behandelnder und/oder bereits behandelter Werkstücke vorgesehen.

Um nebst dem Stapel 20 von Plasmakammern 1 auch das Magazin 36 in der Schleusenkammer 30 zu bedienen, ist die Transporteinrichtung 25 nicht nur in Horizontalrichtung H bzw. -H verschieblich, sondern zusätzlich, wie bei ω dargestellt, um eine Vertikalachse getrieben drehbeweglich, damit die Träger 27 auch in Bedienungsposition für die Schleusenkammer 30 gedreht werden können.

Wie erwähnt wurde, handelt es sich bei den Plasmakammern 1 des Staples 20 in bevorzugter Art und Weise um PECVD-Behandlungskammern. Je nach durchzuführendem Behandlungsprozeß werden die Bedienungsöffnungen 17 der Plasmakammern 1 während der Werkstückbehandlung gegen den Transportraum 23_T nicht verschlossen, oder es wird lediglich eine Druckstufe zwischen dem Inneren der Plasmakammern 1 und dem Transportraum 23_T erstellt, oder die Plasmakammern 1 werden während der Werkstückbehandlung vakuumdicht verschlossen. Letzteres gilt insbesondere für die PECVD-Behandlung.

In Fig. 3 ist schematisch eine Ausführungsvariante dargestellt, um während der Werkstückbehandlung die erwähnten Bedienungsöffnungen 17 vakuumdicht oder lediglich unter Aufbau einer Druckstufe gegen den Transportraum 23_T zu schließen. Hierzu wird ein vertikaler, in Richtung $\pm V$ getriebener verschieblicher Jalousieschieber 38 vorgesehen, welcher, entsprechend den am Stapel 20 vorgesehenen Bedienungsöffnungen 17 gerastert, Durchreichöffnungen 39 aufweist, die bei geöffnetem Jalousieschieber gemäß Fig. 3(b) mit den Bedienungsöffnungen 17 der Plasmakammern 1 fluchten. Die Träger 27 können in dieser Position die Kammern 1 des Staples 20 bedienen.

Am Jalousieschieber 38 sind weiter horizontal getriebenen verschieblichen Verschließplatten 41 vorgesehen, versehen mit balggekapselten Stöbeln und Antrieben 43.

Zum Schließen der Behandlungsräume in den Kammern 1 wird der Jalousieschieber 38 vertikal in die in

Fig. 3(a) dargestellte Position bewegt, worauf die Verschließplatten 41 nach rechts vorgetrieben werden, um die Bedienungsöffnungen 17 der Plasmakammern 1 vakuumbicht zu verschließen oder zwischen Transportraum 23_T und den Behandlungsräumen in besagten Kammern 1 eine Druckstufe zu bilden.

In Fig. 4 ist, ausgehend von der anhand von Fig. 2 dargestellten Minimalkonfiguration, schematisch die Aufsicht auf eine weiter ausgebauten Anlage dargestellt, mit zwei Plasmakammerstapeln 20a und 20b, einem Transportraumbereich 23_T und einer Schleusenkammer 30. Anhand der Sequenz gemäß Fig. 3a bis 3e soll ein bevorzugter Betrieb einer solchen Anlage insbesondere für einen PECVD-Behandlungsprozeß beschrieben werden.

In der Betriebsphase gemäß Fig. 4(a) werden die Werkstücke in den beiden Plasmakammerstapeln 20a und 20b PECVD-behandelt, wozu, wie anhand von Fig. 3 erläutert wurde, mindestens eine Druckstufe zwischen den Behandlungsräumen der Plasmakammern 1 und dem Transportraum 23_T erstellt ist. Das Schleusenventil 32 gemäß Fig. 2a ist geöffnet, das Schleusenventil 34 gegen die Umgebung geschlossen.

Nach Beendigung des Behandlungsprozesses werden, wie in Fig. 3b dargestellt, mit der Transporteinrichtung 25 gemäß Fig. 2a die Stapel 20a, 20b, vorzugsweise nacheinander entladen, und es werden die behandelten Werkstücke in das Magazin 36 in der Schleusenkammer 30 abgelegt. Wie noch zu beschreiben sein wird, umfaßt das Magazin 36 vorzugsweise so viele Magazinfächer, wie gesamthaft an der Anlage Werkstücke behandelt werden können, d. h. bei Vorsehen von zwei Plasmakammerstapeln gemäß Fig. 4 so viele Magazinfächer, wie an den beiden Stapeln gesamthaft Plasmakammern 1 vorhanden sind.

Gemäß Fig. 4(c) wird das Schleusenventil 32 nun gegen den Transportraum 23_T geschlossen, das Schleusenventil 34 geöffnet, und es werden die behandelten Werkstücke im Magazin 36 durch zu behandelnde ersetzt. Während dieser Umladezeitspanne des Magazins 36 werden die Plasmakammern 1 der Stapel reinigungsgeätzt, vorzugsweise HF-plasmageätzt. Um dabei zu verhindern, daß Reinigungsgas und Reaktionsprodukte von Reinigungsgas und geätzter Schicht von den reinigungsgeätzten Plasmakammern in den Transportraum 23_T eindringt, wird bevorzugterweise mit der Anordnung, wie sie anhand von Fig. 3 beschrieben wurde, eine Druckstufe zwischen den Plasmakammern 1 und dem Transportraum 23_T erstellt und in den Transportraum 23_T ein neutrales Gas, wie beispielsweise Stickstoff, so eingelassen, daß vom Transportraum 23_T in die Plasmakammern 1 ein Druckgefälle entsteht. Damit wird verhindert, daß Reinigungsstaub in den Transportraum 23_T eindringt. Die Kammern 1 werden ihrerseits während des Reinigungsatzens abgepumpt.

Während dieser Zeitspanne ist das Magazin 36 mit zu bearbeitenden Werkstücken geladen worden. Diese werden, gemäß Fig. 4(d), im nächstfolgenden Schritt an die gereinigten Plasmakammern der Stapel verteilt.

Aufgrund des Reinigungsatzschrittes sind die Wandungen und Elektrodenflächen der Plasmakammern 1 relativ stark erwärmt worden. Diese Wärme wird nun bevorzugterweise gemäß Schritt 4(e) zum Vorerwärmen der in die Plasmakammern 1 frisch geladenen Werkstücke verwendet. Da die Verteilung der Werkstücke gemäß Phase 4(d) in Vakuum erfolgt, ist die Wärmeabfuhr der erwähnten, beim Reinigungsätzen erwärmten Teile der Plasmakammern 1 relativ gering.

Nachdem nun die frisch zu bearbeitenden Werkstücke in die Plasmakammern 1 geladen sind und gemäß den Ausführungen zu Fig. 3 mindestens über eine Druckstufe vom Transportraum 23_T abgetrennt sind, wird ein 5 Wärmeleitungsgas, beispielsweise Wasserstoff oder Helium, in die Plasmakammern 1 eingelassen, unter einem solchen Druck, daß eine namhafte Wärmeleitung zwischen vorgenannten erwärmten Kämmerteilen und den nun in die Kammern geladenen Werkstücken einsetzt.

10 Nach dieser Vorheizung der Werkstücke, wodurch sie, waren sie doch vor Bearbeitungsbeginn Normalatmosphäre ausgesetzt, entgast werden, werden sie gemäß Phase 4(a) beschichtet, insbesondere PECVD-be- schichtet.

15 An der dargestellten Anlage werden in einer bevorzugten Ausführungsvariante alle Plasmakammern 1 separat gepumpt, insbesondere auch für das Reinigungsätz- zen und für das Heizentgasen der Werkstücke.

Wie schematisch in Fig. 5 dargestellt, werden für re- 20 aktive Behandlungsprozesse, insbesondere für das bevorzugte PECVD-Verfahren, gemäß Fig. 5(a) alle Plasmakammern 1 mindestens eines Stapels von einer zentralen Reaktivgasspeisung gespiesen und dabei sicher- gestellt, daß alle Kammern 1 des Stapels gleichermaßen 25 reaktivgasbeaufschlagt werden. Dies, indem beispielsweise von relativ großvolumigen Druckverteilkammern 50 zu allen Kammern 1 gleiche Gasströmungswege 51 erstellt werden.

Gemäß Fig. 5(b) werden, da synchron betrieben, auch 30 alle Kammern 1 mindestens eines Stapels durch eine zentrale Pumpanordnung synchron gepumpt.

Auch die elektrische Speisung der an allen Plasmakammern mindestens eines Stapels unterhaltenen Plas- 35 maentladungen erfolgt bevorzugterweise aus Gründen der Wirtschaftlichkeit ab einer zentralen Generatoreinheit, gemäß Fig. 5(c) im bevorzugten Fall des Unterhalts eines Hochfrequenzplasmas, ab einem zentralen HF-Generator mit zentralem Anpaßnetzwerk und gegebenenfalls kammerspezifischen Abgleichnetzwerken, dar- 40 gestellt durch die kammerspezifischen Induktivitäten, um unterschiedliche Hochfrequenz-Leitungsverhältnisse zu den Kammern abzugleichen.

Werden an der beschriebenen Anlage die Prozesse in 45 den Plasmakammern 1 überwacht, gesteuert oder geregt, so erfolgt dies vorzugsweise wiederum über eine zentrale Einheit, welch letztere nach Bedarf den einzelnen Kammern aufgeschaltet wird, sei dies im Sinne eines Multiplexsystems, in starrer Abfolge oder in variierender Abfolge, je nach Erfordernis an den Stapelkammern.

Dies ist schematisch in Fig. 5(d) dargestellt, anhand des Beispiels, die Plasmaentladung mittels eines zentralen Plasmaemissionsmonitors zu überwachen.

In Fig. 6 ist schematisch eine bevorzugte Ausführungsvariante eines Magazins 36 in der Magazinkam- 55 mer 30 gemäß Fig. 2a dargestellt. Das Magazin 36 umfaßt eine Anzahl Magazinablagen 37, welche mindestens der Anzahl an der Anlage synchron behandelter Werkstücke entspricht, vorzugsweise der doppelten, um das Werkstück-Durchschleusen zu vereinfachen. Wenn, wie anhand von Fig. 2a gezeigt wurde, zwischen den Ablageflächen für Werkstücke und den Trägern 27 durch eine Relativbewegung realisiert wird, daß an den Plasmakammern 1 Hubvorrichtungen 9, wie sie anhand von Fig. 1 erläutert wurden, vorgesehen sind und mithin die Träger 27, vertikal, keine Belade- bzw. Entladebewe- 60 gung durchführen, so wird gemäß Fig. 6 das Magazin 36 vorzugsweise gesamthaft vertikal bewegt, wie mit dem Doppelpfeil $\pm V$ dargestellt, um jeweils von den Trä- 65

gern 27 die Werkstücke aufzunehmen bzw. sie an die Träger 27 zu übergeben.

Bis dahin wurde eine neuartige Anlagekonfiguration sowie ihr Betrieb beschrieben, insbesondere für Hochfrequenz-PECVD-Beschichtungen.

Nachfolgend wird nun ein insbesondere auch im Zusammenhang mit der beschriebenen Anlage einsetzbares Verfahren beschrieben, mit entsprechenden anlage-spezifischen Vorkehrungen, womit die Beschichtungsrate und -qualität von Plasmabeschichtungsprozessen wesentlich verbessert wird. Das zu beschreibende Vorgehen bzw. zugeordnete Anlagemeerkmale eignen sich grundsätzlich für Plasmabeschichtungsprozesse, seien dies DC-, AC- oder gemischt AC + DC-Plasmaprozesse der eingangs definierten Arten. Es gelten aber die nachfolgenden Ausführungen insbesondere für reaktive hochfrequenz-plasmaunterstützte Beschichtungsprozesse, wie für HF-PECVD-Prozesse. Sie gelten aber auch z. B. für HF ion plating-Prozesse. Wie erwähnt, sei unter HF vorzugsweise ein Frequenzbereich von 1 bis 100 MHz verstanden.

Allerdings soll, wenn im nachfolgenden auf derartige HF-plasmaunterstützte reaktive Prozesse eingegangen wird, das erwähnte Vorgehen nicht als auf solche Prozesse beschränkt ausgelegt werden.

In Fig. 7 ist schematisch eine Plasmakammer, beispielsweise der in Fig. 1, 2 vorbeschriebenen Art, dargestellt. Eine flächige HF-Elektrode 60 bildet gleichzeitig eine flächig verteilte Gasausdusenanordnung mindestens für ein Reaktivgas G, welches dem Plasmaentladungsraum PL zugedüst wird. Der RF-Elektrode 60 gegenüberliegend ist eine Werkstückträger-Elektrode 62 in bekannter Art und Weise angeordnet. Bezuglich der DC-Potentialverhältnisse ist selbstverständlich, daß das Kammergehäuse 63 und/oder die Werkstückträger-Elektrode 62 in üblicher Art und Weise auf Bezugspotential, wie beispielsweise Massepotential, gelegt sein können. Der Fachmann kennt alle diesbezüglich bekannten Varianten.

Bei der reaktiven Plasmabeschichtung von Werkstücken an der Werkstückträger-Elektrode 62 bildet sich in der Plasmaentladung Staub, dessen Dichte mit φ_s bezeichnet sei. Staub in der Plasmaentladung kann von sehr vielen Quellen herrühren, hauptsächlich vom Beschichtungsprozeß selbst, aber auch von mechanischem Abrieb während der Kammerbeladung und -entladung etc. Grundsätzlich nimmt aber die Staubdichte φ_s während eines reaktiven Beschichtungsprozesses zu. Dies, wie in Fig. 7 unten beispielsweise qualitativ mit einer im wesentlichen stetig anwachsenden Staubdichte (a) dargestellt.

Ohne geeignete Gegenmaßnahmen wird der Staub mit der Zeit aus dem Plasma ausgefällt und schlägt sich im Reaktorraum nieder. Dadurch werden die Schichten mit Staubpartikeln kontaminiert (Schichtdefekte).

Zusätzlich verändert sich das Verhalten des Reaktors, womit ein Abdriften des Prozesses verursacht wird. Die heutigen Produktionsanlagen mit staubbehafteten Prozessen erreichen deshalb weder die geforderte Defektfreiheit der Schichten noch das geforderte kleine Verhältnis von Reinigungs- zu Produktionszeit (Produktionsverfügbarkeit, equipment availability).

Bis heute liefern die Bestrebungen dahin, so wenig wie möglich Staub zu erzeugen und, da dies nicht völlig verhindert werden kann, entstandenen Staub aus dem Beschichtungsraum möglichst vollständig zu entfernen. Damit nimmt man allerdings eine Einbuße an Schichtqualität in Kauf.

Nun wurde erkannt, daß in einer Plasmaentladung und insbesondere in einer Hochfrequenzentladung vorhandener Staub die Einkopplung elektrischer Energie und insbesondere von Hochfrequenzenergie wesentlich erhöht und daß grundsätzlich in einem "staubigen" Plasma, insbesondere HF-Plasma, die Beschichtungsrate, insbesondere die Beschichtungsrate in einem reaktiven Beschichtungsprozeß, namhaft erhöht wird. Somit nahm man bei obgenanntem Vorgehen auch eine Einbuße bezüglich Rate in Kauf. Dies allerdings nur, solange die Staubdichte in der Plasmaentladung einen Grenzwert nicht überschreitet. Überschreitet die Staubdichte den erwähnten Grenzwert, so muß damit gerechnet werden, daß sich die Staubpartikel zu größeren Staubteilchen zusammenballen bzw. daß sie sich auf die im Entstehen begriffene Schicht niederschlagen. Dies muß meistens verhindert werden, insbesondere bei der Halbleiterherstellung und der Herstellung flacher, aktiver Bildschirme.

- 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60
- Damit beruht die neuartige Erkenntnis darauf, Staub in einem Plasmaentladungsraum, insbesondere einem Hochfrequenz-Plasmaentladungsraum, wie insbesondere für einen reaktiven plasmaunterstützten Beschichtungsprozeß, nicht auszuräumen, sondern seine Dichte auf bzw. unterhalb einem vorgegebenen Pegel φ_{max} zu halten. Es wird mithin die Zahl der Staubpartikel pro Volumeneinheit und/oder deren Größe und damit die Staubdichte und deren Verteilung beherrscht eingestellt. Dies auf Verhältnisse, die anlässlich von Vorversuchen als optimal für den jeweiligen Behandlungsprozeß befunden wurden. Dies, wie in Fig. 7 unten mit der Kurve (b) schematisch dargestellt.

Realisiert wird dies gemäß Fig. 7 grundsätzlich dadurch, daß durch die Plasmaentladung eine Partikelquerströmung W_φ gesteuert erstellt wird, durch Errichten eines Querkräftefeldes, womit Überschuß-Staubpartikel aus dem beschichtungswirksamen Bereich der Plasmaentladung gefördert werden und schließlich nach Bedarf entfernt werden.

- 40 45 50 55 60
- Gemäß Fig. 7 besteht eine bevorzugte Ausführungsvariante, ein solches Kräftefeld zu erzeugen, darin, die Querpartikelströmung W_φ gesteuert erstellt wird, durch Errichten eines Querdruckgradienten erzielt. Wie schematisch dargestellt, wird hierzu seitlich ein Gas eingelassen und Gas dem Einlaß gegenüber abgesaugt. Zusätzlich oder anstelle der Errichtung eines Querdruckgradienten können elektrostatische Gradienten und/oder thermische Gradienten eingesetzt werden, um die Staubdichte im beschichtungswirksamen Plasmaentladungsraum nicht über einen gewissen Wert ansteigen zu lassen.

Unten in Fig. 7 ist mit der Charakteristik (c) qualitativ dargestellt, wie die eingelassene Gasmenge m_g angesteuert wird.

- 55 60 65
- Obwohl es durchaus möglich ist, durch Vorversuche festzustellen, ab wann und wie groß das Kräftefeld zu erstellen ist, um die Staubdichte im Entladungsraum im genannten Sinne zu beherrschen, ist es in einer bevorzugten Variante ohne weiteres möglich, beispielsweise durch Lichtreflexions- oder -absorptionsmessung, wie mit einem in Fig. 7 schematisch dargestellten Detektor 65, die momentane Staubdichte im Plasma zu ermitteln, den ermittelten Wert mit einem SOLL-Wert F_φ zu vergleichen und das Kräftefeld, gemäß Fig. 7 den Druckgradienten, in regelndem Sinne so zu stellen, daß sich die Staubdichte auf einen erwünschten Pegel einstellt. Da die Staubdichte die Plasmaimpedanz stark beeinflußt, kann eine solche Regelung auch über eine Messung

dieser Impedanz erfolgen.

Bei Ausnützung einer Quergasströmung erfolgt die Einstellung bevorzugterweise durch Stellen der pro Zeiteinheit eingedüsten Gasmenge, wie an der Stelleinheit 67 von Fig. 7 dargestellt.

Selbstverständlich kann das Kräftefeld, welches dazu dient, Überschub-Staubpartikel aus dem Beschichtungsbereich zu bewegen, auch intermittierend angelegt werden, d. h., im Falle von Fig. 7, das im weiteren als Spülgas bezeichnete Gas G_s , welches die Querströmung W bewirkt, kann gepulst eingelassen werden.

Wie bereits erwähnt, hat sich dieses Vorgehen insbesondere bei reaktiven HF-Plasmabeschichtungsprozessen ausgezeichnet bewährt, indem bei solchen Prozessen, und insbesondere bei Reaktivprozessen, prozeßinhärent eine Pulver- bzw. Staubbildung in der Plasmaentladung erfolgt. Wenn gemäß Fig. 7 mittels eines Spülgases G_s die Querströmung W erstellt wird, so wird vorzugsweise als Spülgas ein neutrales Plasmaarbeitsgas, wie z. B. Argon oder He, oder ein nicht für den Schichtaufbau benötigtes Gas, wie H_2 , eingesetzt. Der Einsatz eines maßgeblich am Schichtaufbau beteiligten Gases als Spülgas kann die Schichtverteilung ungünstig beeinflussen.

Wesentlich ist zu erkennen, daß Staub bzw. Pulver, solange die Plasmaentladung brennt, in letzterer gefangen bleibt. Soll mithin dann, wenn der Plasmabehandlungsprozeß oder generell die Plasmaentladung abgestellt wird, verhindert werden, daß sich der in der Entladung verbleibende Staub in der Behandlungskammer niedersetzt, so wird bevorzugterweise wie folgt vorgenommen:

— Anstelle des Reaktivgases wird ein neutrales Gas eingelassen, womit dann, wenn der Schichtbildungsprozeß zu gegebener Zeit abgebrochen werden soll, ein weiterer Schichtaufbau unterbunden wird. Durch Weiterbetrieb des nun neutralen Plasmas bleibt der Staub in der Plasmaentladung gefangen und wird "ausgespült". Im neutralen Plasma ist dabei die Staubbildung drastisch reduziert.

— In der aufrechterhaltenen Reaktivgas-Plasmaentladung oder der eben erwähnten neutralen Entladung wird das Querkräftefeld erhöht, im bevorzugten Fall einer "Spülgasströmung" wird letztere durch Erhöhung der eingelassenen Gasmenge und/oder Erhöhung der Absaugleistung verstärkt.

— Es kann die Plasmaintensität kontinuierlich verringert werden, ohne daß jedoch die Entladung aussetzt. Dadurch wird die Wirkung der als Staubfalle wirkenden Plasmaentladung stetig reduziert, was das Wegbewegen der Staubpartikel durch das erwähnte Kräftefeld erleichtert.

Durch gleichzeitiges Reduzieren der Entladungintensität und Erhöhen der seitlichen Pumpleistung und/oder der eingelassenen Spülgasmenge wird eine maximale Wegdrift der Staubpartikel aus der Beschichtungszone über der Elektrode 62 nach Fig. 7 erreicht.

Grundsätzlich kann das erfundsgemäß eingesetzte Kräftefeld dadurch unterstützt werden, daß die Plasmaentladung gepulst betrieben wird. Dadurch wird die Staubfallenwirkung des Plasmas reduziert und das gezielte Wegbefördern überschüssigen Staubes erleichtert. Dies gilt nicht nur für das Stillsetzen des Beschichtungsprozesses, sondern auch während des Beschichtungsprozesses selbst.

Wesentlich ist, daß die Plasmaentladung so lange auf-

rechterhalten bleibt, bis für das Stillsetzen des Prozesses der darin angesammelte Staub entfernt ist.

Diese Erkenntnis führt weiter zu einer bevorzugten Betriebsweise, wonach eine Plasmaentladung in der Plasmakammer auch dann unterhalten wird, wenn z. B. Werkstücke geladen bzw. behandelte Werkstücke entladen werden.

Eine Plasmaentladung, bezüglich des reaktiven Beschichtungsprozesses unwirksam, also in einem diesbezüglich neutralen Gas, kann ohne weiteres auch dazu eingesetzt werden, sei dies am unbeschichteten oder am bereits beschichteten Werkstück oder an der Plasmakammer, eine Ätzreinigung vorzunehmen, beispielsweise, indem ein Wasserstoffplasma unterhalten wird. Dabei ist von Bedeutung, daß die auf dem Substrat angelagerten Partikel von der Plasmaentladung eingefangen und "weggespült" werden können.

Somit kann beispielsweise in der Schlußphase eines Behandlungsprozesses ein H_2 -Reinigungsplasma unterhalten werden, beispielsweise während der Entladung und Neubeladung der Plasmakammer. Da beim Ätzen Staub in der Plasmaentladung nur störend ist, wird dabei das errichtete Querkräftefeld maximal eingestellt.

Durch Einsatz des beschriebenen Vorgehens in einer Hochfrequenz-Plasmaentladung eines reaktiven Beschichtungsprozesses zum Ablegen von defektfreien α -Si-Schichten, ohne Staubniederschlag im Reaktor, konnte die Beschichtungsrate um den Faktor 2,5 erhöht werden, gleichzeitig die Schichtspannungen um einen Faktor von 2,5 reduziert werden, wobei wegen der erhöhten Beschichtungsrate die Schichtfeinheit um einen Faktor von ca. 2 erhöht wurde. Dies verglichen mit der Beschichtung in derselben Plasmakammer, bei welcher mittels bekannter Techniken, wie eingangs beschrieben wurde; versucht wurde, die Staubdichte zu minimalisieren, nämlich durch Wahl eines Prozeßarbeitspunktes bei tiefen Drücken und kleiner Leistung. So betragen bei Anwendung der erwähnten, bekannten Technik (Staubbildungsmindierung) Beschichtungsraten für α -Si-Schichten $\leq 4 \text{ \AA/sec}$, bei Schichtspannungen $> 5 \cdot 10^9 \text{ dyn/cm}^2$, demgegenüber erfundsgemäß die Raten 10 \AA/sec bei Schichtspannungen $< 2 \cdot 10^9 \text{ dyn/cm}^2$. Wie erwähnt wurde, besteht eine bevorzugte Realisationsform des Querkräftefeldes darin, eine Quergasströmung, wie in Fig. 7 dargestellt, durch die Plasmaentladung zu realisieren.

In Fig. 8 sind mehrere Varianten A bis E dargestellt, um, saugseitig, das erwähnte Kräftefeld bzw. den erwähnten Druckgradienten zu erstellen.

Gemäß Fig. 8A wird die Absaugung von Gas aus dem Behandlungsraum bzw. Entladungsraum durch einen schmalen Schlitz 69 in der Wand der Plasmakammer 1 vorgenommen, welche elektrisch auf definiertes Potential, wie auf Massepotential, gelegt ist. Die Breite des Schlitzes ist so bemessen, daß das Plasma sich nicht durch den Schlitz 69 hindurch ausdehnen kann, und beträgt vorzugsweise 2 bis 4 mm. Bevorzugterweise wird die anhand von Fig. 7 besprochene Querströmung zusätzlich durch den dort gezeigten Quergaseinlaß maßgeblich unterstützt, was auch bei den Ausführungsvarianten gemäß Fig. 8B bis E vorzugsweise erfolgt.

Gemäß Fig. 8B wird ein Absaugschlitz 71 im Bereich der Kante der Elektrode 60 vorgesehen. Dies einem weiteren bevorzugterweise befolgten Prinzip folgend. Es wurde erkannt, daß die Staubdichte dort am größten ist, wo das die Plasmaentladung speisende elektrische Feld maximal ist. Dies ist bekanntlich bei potentialbeaufschlagten Flächen an Kanten und Spitzen etc. der

Fall. Deshalb wird gemäß Fig. 8B vorgeschlagen, die Absaugung mittels des Schlitzes 71 am Randbereich der Elektrode 60, mithin in einem Bereich vorzunehmen, wo wegen der erhöhten Feldstärke eine erhöhte Staubdichte vorliegt.

Konsequent wird dieses Vorgehen gemäß Fig. 8C weiterverfolgt, indem beidseitig in Randbereichen der Elektrode 60 und der Gegenelektrode 62 Saugschlitz 71a und 71b vorgesehen werden.

Die Quergasgeschwindigkeit wird bei einer Ausführungsvariante gemäß Fig. 8D mit sich stetig konisch verengendem Schlitz 73 in einen ausgedehnteren Plasmaentladungsbereich hinein erhöht, wodurch die Effizienz der Querströmung erhöht wird.

Gemäß Fig. 8E wird der Wandungsbereich 75 der Plasmakammer 1, worin der Saugschlitz 77 vorgesehen ist, elektrisch auf Schwebepotential betrieben. Damit wird erreicht, daß die Potentialbarriere, welche durch Staubpartikel bei ihrer Extraktion aus der Entladung zu überwinden ist, reduziert wird, weil sich das Potential des schwebend betriebenen Wandabschnittes auf ein Zwischenpotential zwischen den Potentialen der Elektroden 60 und 62 einstellt.

Eine weitere Möglichkeit, die selbstverständlich ist, ist die, am Saugschlitz ein Sieb vorzusehen, womit die Schlitzöffnung und damit der Pumpquerschnitt vergrößert werden kann, ohne daß das Plasma durch den Schlitz tritt.

Es versteht sich im weiteren von selbst, daß Merkmale der dargestellten Gasabsaugungen kombiniert werden können.

In Fig. 9 ist, z. B. rückblickend auf die oben beschriebene neuartige Anlagekonfiguration mit Plasmareaktorstapel, dargestellt, wie auch dort bevorzugterweise und unter Berücksichtigung der eben beschriebenen Erkenntnisse die Beladung und Entladung der Plasmakammern 1 erfolgt.

Gemäß Fig. 9(a) wird das Werkstück 31 (Fig. 2a) auf den Hubmechanismus 9 mit den Stößen 13 abgelegt. Gemäß Fig. 9(b) wird daraufhin — sobald eine Druckstufe erstellt ist — ein neutrales Plasma in der Plasmakammer 1 gezündet, nachdem bezüglich des Transportraumes 23_T gemäß Fig. 3 vorzugsweise mindestens eine Druckstufe mit den Verschließplatten 41 erstellt worden ist. Dabei wird ein nicht reaktives Gas, beispielsweise Argon und/oder Wasserstoff, wie dargestellt, eingelassen. Dabei wird, wie vorgängig beschrieben wurde, das Werkstück 31 auch erhitzt, u. a. zu seiner Entgasung. Die Absaugung A ist gestartet.

Sich z. B. bei der mechanischen Absenkung des Werkstückes 31 gemäß Fig. 9(c) bildender Staub wird im weiterhin unterhaltenen neutralen Plasma gefangen und durch die Neutralgas-Querströmung bei A abgesaugt. Ist gemäß Fig. 9(d) das Werkstück abgesenkt, wird der Reaktivgaseinlaß initialisiert, vorzugsweise sowohl durch die eine Gasdusche bildende HF-Elektrode 62 wie auch durch den seitlichen Spülgaseinlaß, wie dargestellt. Während des nun folgenden Beschichtungsprozesses wird, wie anhand von Fig. 7 beschrieben wurde, die Staubdichte in der Plasmaentladung nicht zum Verschwinden gebracht, sondern so beherrscht, daß sie ein vorgegebenes Maß nicht übersteigt.

Nach Beendigung des Beschichtungsprozesses wird gemäß Fig. 9(e) die Querströmung von Reaktivgas erhöht oder eines neutralen Gases oder auf eine neutrale Plasmaentladung (nicht dargestellt), wie beschrieben wurde, übergegangen. Wichtig ist, daß auch während des Anhebens des beschichteten Werkstückes gemäß

Fig. 9(f) eine staubfangende Plasmaentladung aufrechterhalten bleibt, sei dies als neutrale Plasmaentladung oder weiterhin als Reaktivplasmaentladung, wenn der Beschichtungsprozeß nicht in einem bestimmten Zeitpunkt zu beenden ist.

Gemäß Fig. 9(g) wird daraufhin das Werkstück 31 aus den Plasmakammern 1 entfernt, wobei in dieser Betriebsphase, wie auch gegebenenfalls in derjenigen nach Fig. 9(a) und insbesondere nach Fig. 9(b), bevorzugterweise eine Plasmaentladung, wie gestrichelt dargestellt, aufrechterhalten bleibt, nicht eine Reaktivplasmaentladung, sondern eine Neutralplasmaentladung, insbesondere eine Wasserstoff-Plasmaentladung, einerseits zum weiteren Auffangen von Staubpartikeln, andererseits zum Reinigungsätzen der Kammer.

Wie in Fig. 9(a) und 9(g) eingetragen, wird dann Wasserstoff einerseits eingelassen und anderseits abgesaugt, so, daß im Plasma gefangener Staub in diesen Phasen möglichst vollständig ausgeräumt wird.

Zusätzlich zu der beschriebenen Gasabsaugung zum Erstellen der Querströmung können weitere Absaugungen vorgesehen sein, z. B. an der Elektrode 60 ebenso verteilt wie die Reaktivgas-Eindüsöffnungen. Durch gezielte Auslegung der verteilten Gas-Ein- und/oder -Absaugung kann die Behandlungsgleichförmigkeit gegebenenfalls optimiert werden.

Die beschriebene Anlage und das beschriebene Verfahren eignen sich insbesondere für die Herstellung von flachen, aktiven Bildschirmen.

Patentansprüche

1. Anlage für die Vakuumplasmabehandlung, dadurch gekennzeichnet, daß sie umfaßt:

- eine Mehrzahl übereinander gestapelter Plasmakammern, je mit
- einer horizontalen, flächigen Elektrode mit einer verteilten Anordnung von Auslaßöffnungen, welche mit einem Gasvorrat verbunden sind, der mindestens Reaktivgas enthält,
- einer Werkstückhalterung für mindestens ein Werkstück, unterhalb der Elektrode geneinanderliegend,
- einer seitlichen Bedienungsöffnung,

wobei die seitlichen Bedienungsöffnungen vertikal aufeinander ausgerichtet sind und in einen gemeinsamen Kamerraum einmünden, worin vorgesehen ist:

- eine sich vertikal entlang den Bedienungsöffnungen des Kammerstapels erstreckende, um eine Vertikalachse drehbewegliche Transporteinrichtung mit sich horizontal erstreckenden Werkstückaufnahmen zur gleichzeitigen Bedienung der Bedienungsöffnungen am Stapel, wobei die Werkstückaufnahmen horizontal linear verschieblich sind.

2. Behandlungsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der gemeinsame Kamerraum eine Schleusenkammer ist.

3. Anlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der gemeinsame Kamerraum ein Transportraum ist, woran mindestens eine Schleusenkammer angeordnet ist und vorzugsweise in welche mehr als ein Kammerstapel mit der Transporteinrichtung bedienbar angeordnet ist.

4. Anlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Schleusenkammer ein durch eine mit der Umwelt kommunizierende Schleusenöffnung

einbringbares Werkstückmagazin zugeordnet ist mit einer Anzahl horizontaler Magazinfächer je für Werkstücke und daß die Anzahl Magazinfächer vorzugsweise gleich der Anzahl Bedienungsöffnungen der Stapel oder gleich einem ganzzahligen Vielfachen, vorzugsweise der doppelten Zahl, dieser Anzahl ist.

5. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kammerraum ein Transportraum ist und die Bedienungsöffnungen mittels Schließorganen vakuumdicht oder zur Bildung einer Druckstufe verschließbar sind.

6. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Kammerraum ein Transportraum ist und daß die Kammern des Staps gemeinsam über einen Pumpanschluß am Transportraum evakuiert werden.

7. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kammern des Staps von einem zentralen Gastank und/oder einer zentralen elektrischen Speiseeinheit und/oder einer zentralen Pumpstation bedient sind.

8. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Anzahl Werkstückaufnahmen, die der Anzahl Bedienungsöffnungen an einem Kammerstapel entspricht, gemeinsam horizontal linear verschieblich sind, um die Bedienungsöffnungen dieses Staps zu bedienen, daß sie vorzugsweise zur Ausführung dieser Bewegung mechanisch verbunden sind.

9. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkstückaufnahmen horizontale Gabelemente umfassen und daß die Werkstückhalterungen in den Kammern des Staps und die Gabelemente zur Ausführung einer gegenseitigen relativen vertikalen Bewegung ausgebildet sind zum Ablegen oder Aufnehmen von Werkstücken in den Kammern durch die Gabelemente und daß, bei Ausbildung des gemeinsamen Kammerraumes als Transportraum mit Schleusenkammer und Magazin, zwischen den Gabelementen und Ablageflächen in den Magazinfächern eine ebensolche vertikale Relativbeweglichkeit besteht.

10. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Kammern Werkstückbehandlungskammern für plasmaunterstütztes chemisches Dampfabscheiden sind.

11. Verfahren zum Betrieb einer Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens die Kammern eines Staps synchron betrieben werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens die Kammern des Staps während Entladen und Beladen der Anlage plasmagereinigt werden, vorzugsweise reaktiv plasmageätzt.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Plasmareinigungsverfahren die Kammern des Staps mit Werkstücken beladen werden und ein Gas, wie He oder H₂, als Wärmeleitungsgas in die Kammern eingelassen wird zur Aufheizung der Werkstücke durch Gaswärmeleitung.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß Aufheizen der Werkstücke plasmaunterstützt wird und das Plasma vorzugsweise auch als Reinigungs-Ätz-Plasma eingesetzt wird, dabei

vorzugsweise ein H₂-Plasma eingesetzt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens während der Reinigung ein Druckgradient vom gemeinsamen Kammerraum in die Kammern des Staps installiert wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß Meßsignale, Steuersignale oder Stellsignale im Sinne der Regelungstechnik von und/oder zu den Kammern mindestens eines Staps im Multiplexbetrieb von zentralen Einheiten aufgenommen und/oder erzeugt werden.

17. Verwendung der Anlage nach den Ansprüchen 1 bis 10 für die PECVD-Beschichtung.

18. Verwendung der Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 10 bzw. des Verfahrens nach einem der Ansprüche 11 bis 16 bei der Herstellung von flachen, aktiven Bildschirmen.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

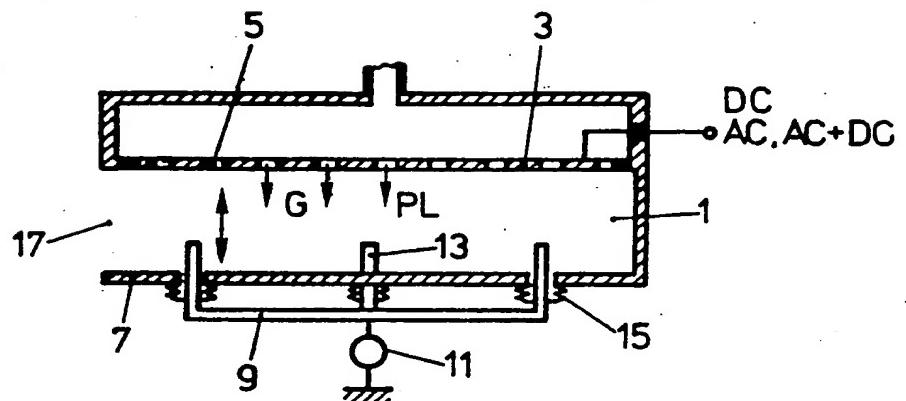


FIG.1

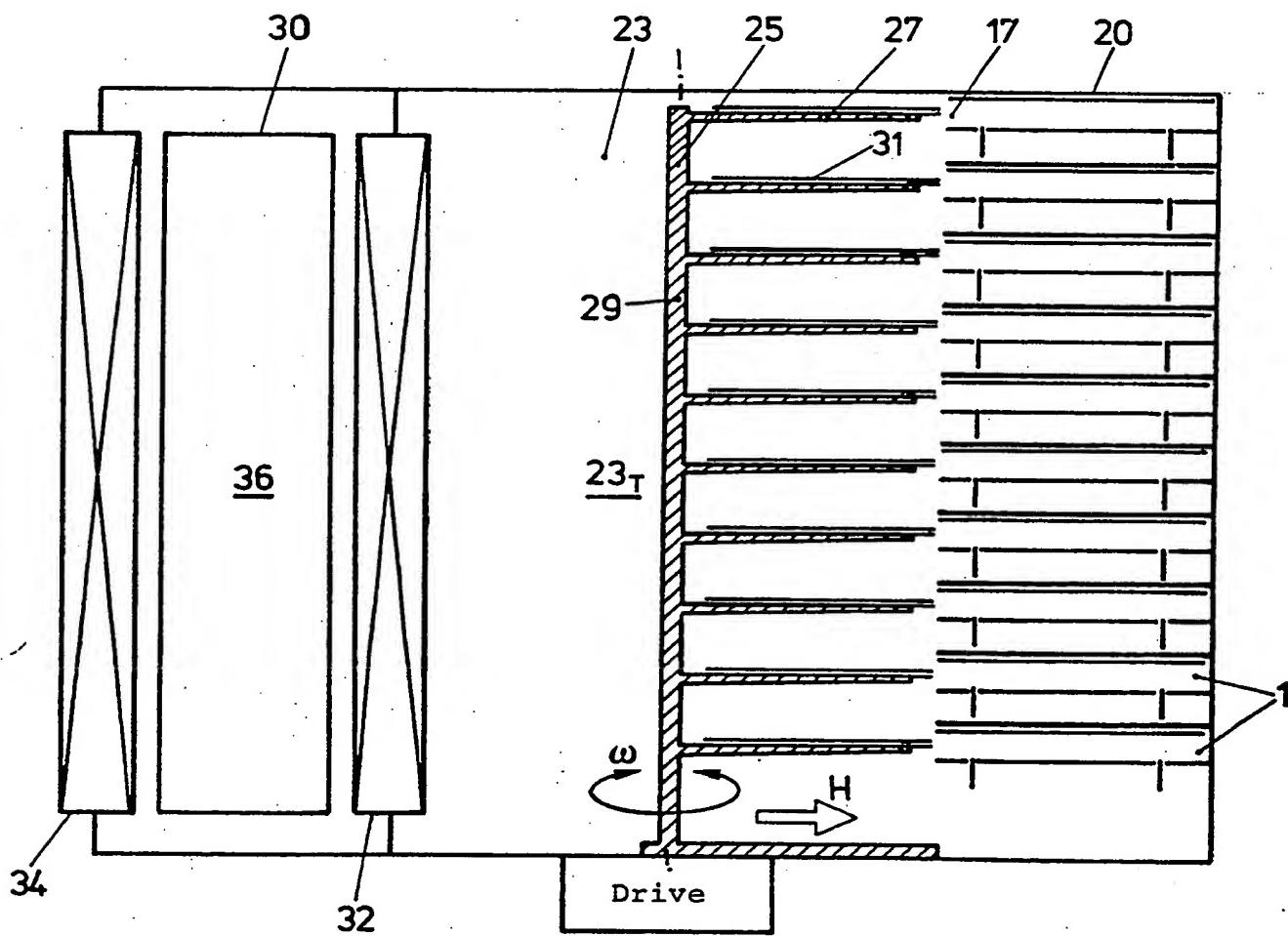
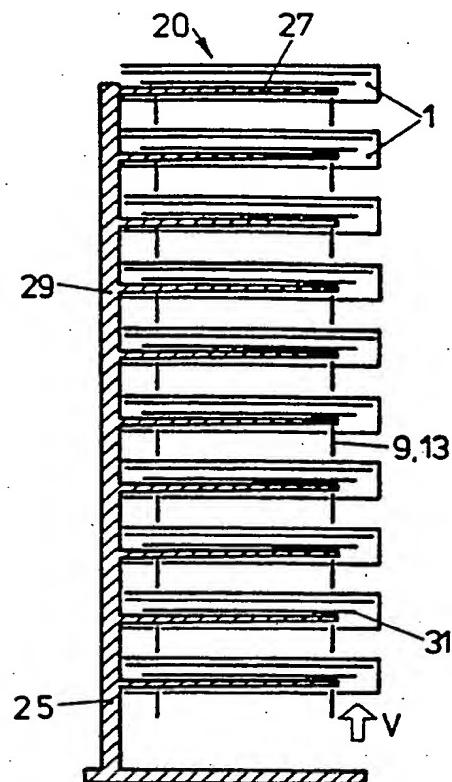
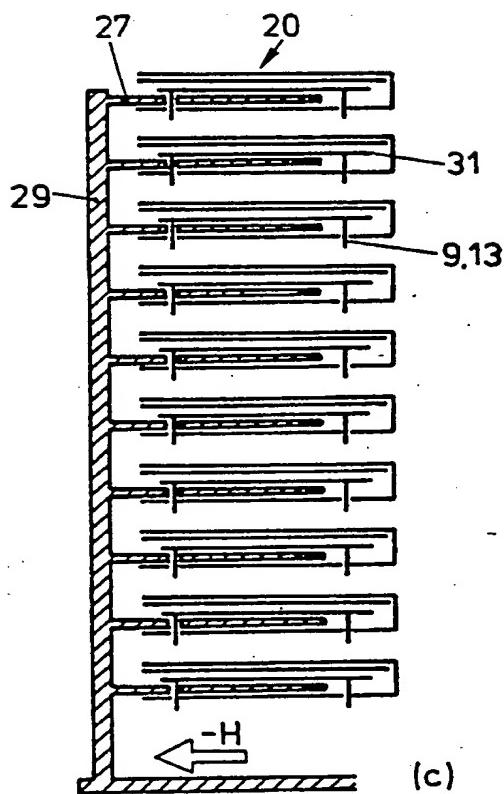


FIG. 2a

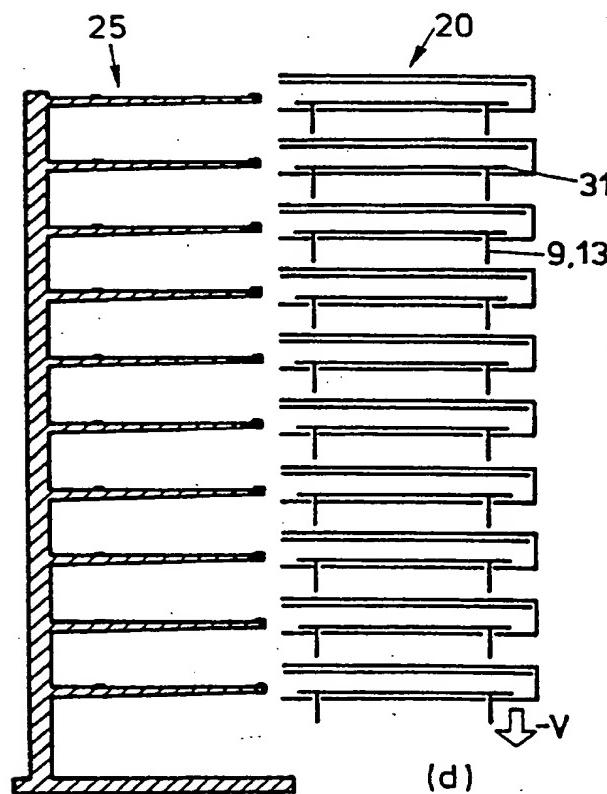
FIG. 2



(b)



(c)



(d)

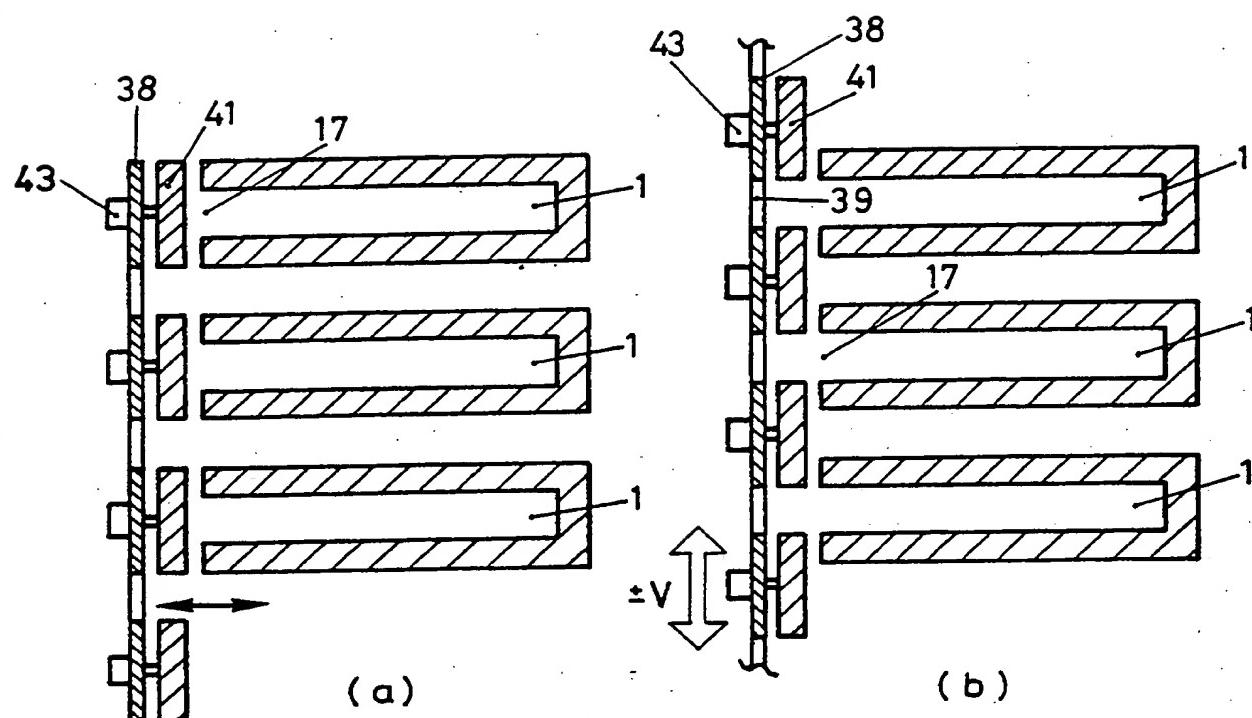
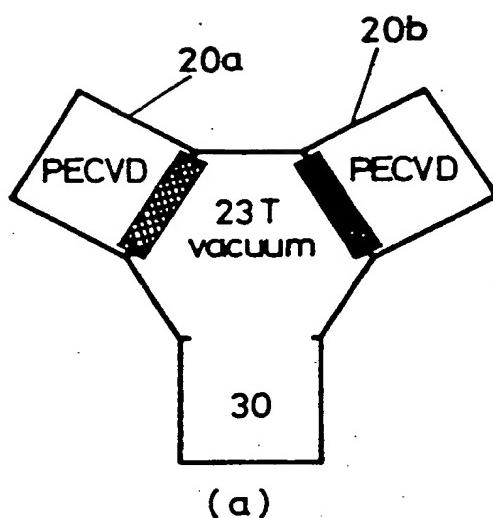
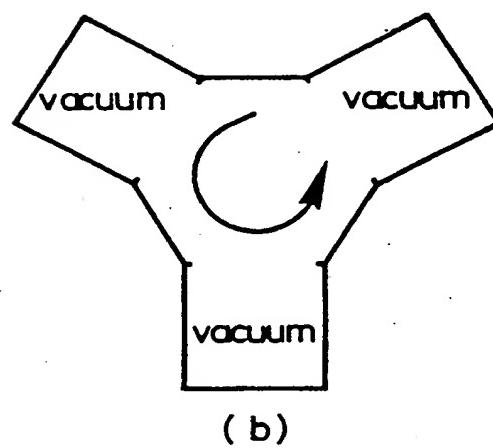


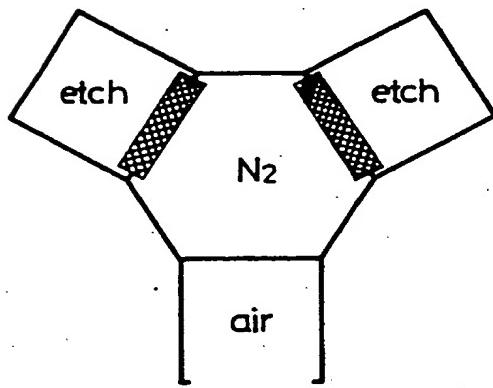
FIG.3



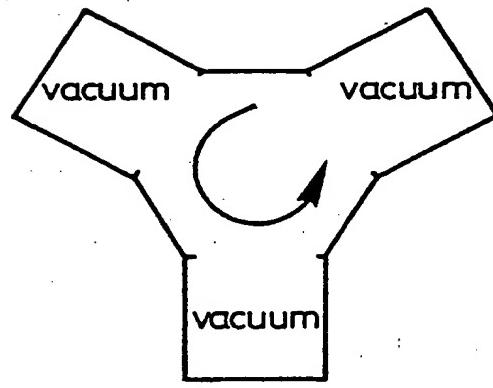
(a)



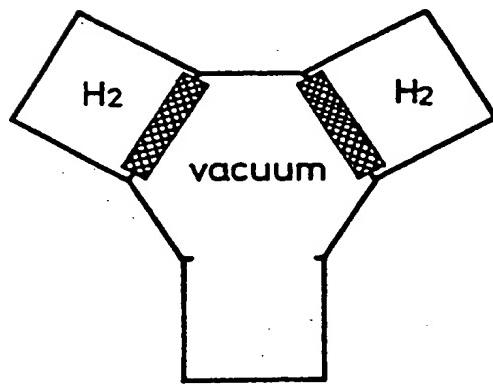
(b)



(c)



(d)



(e)

FIG. 4

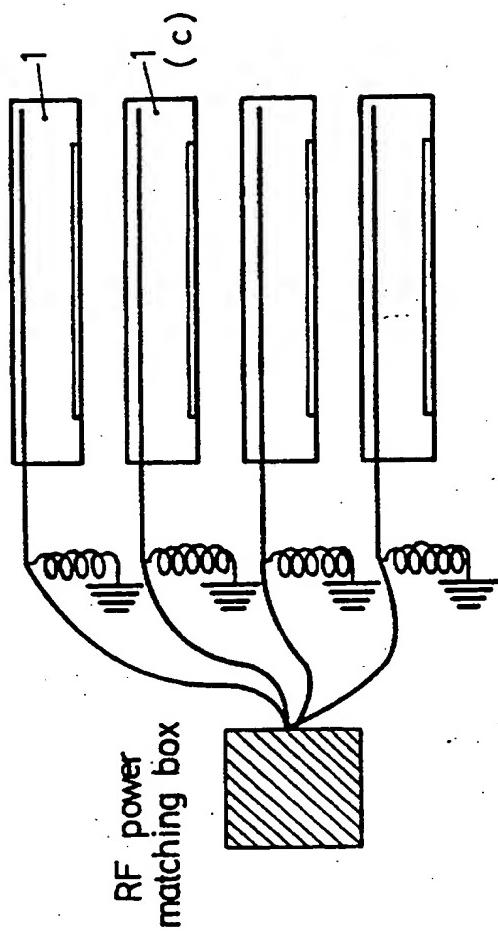
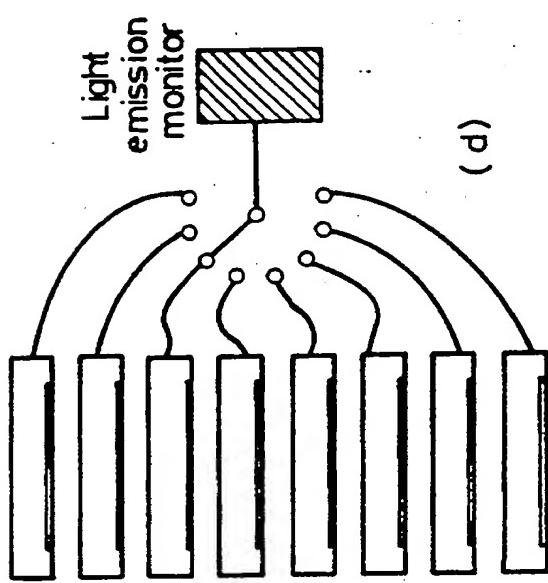
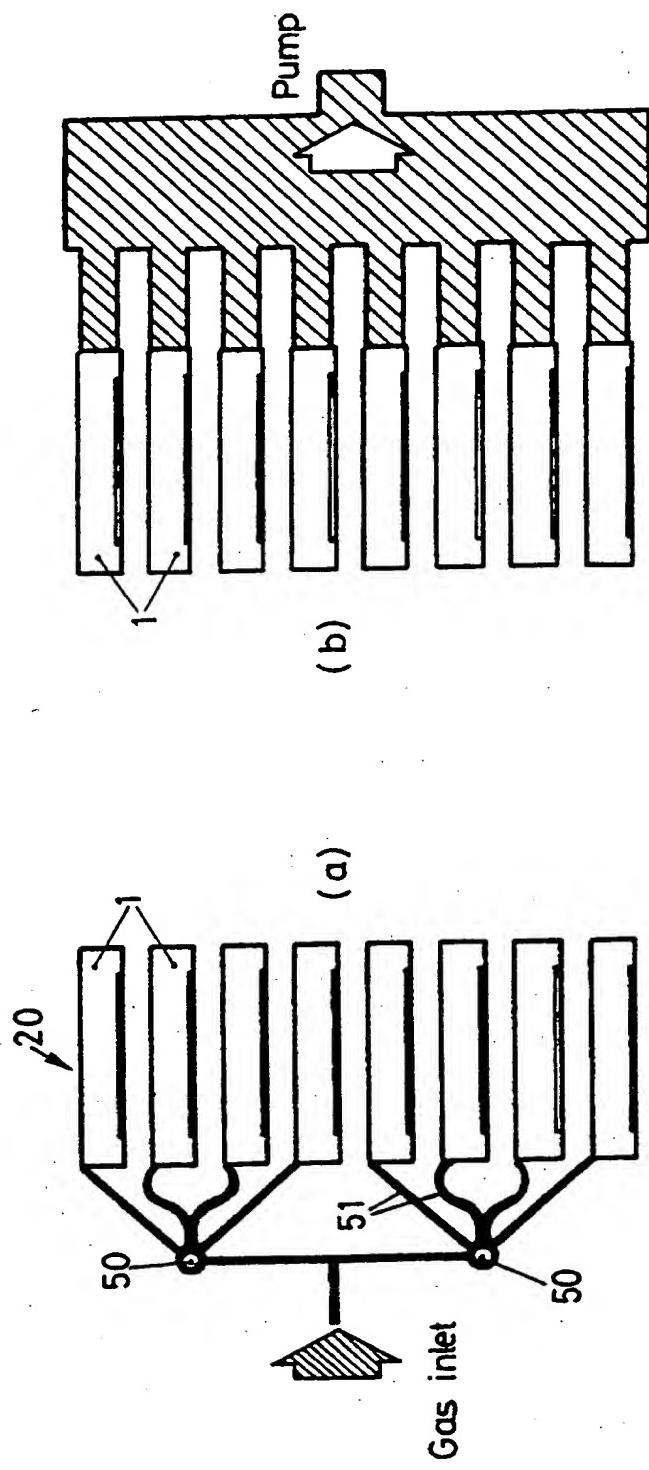


FIG. 5

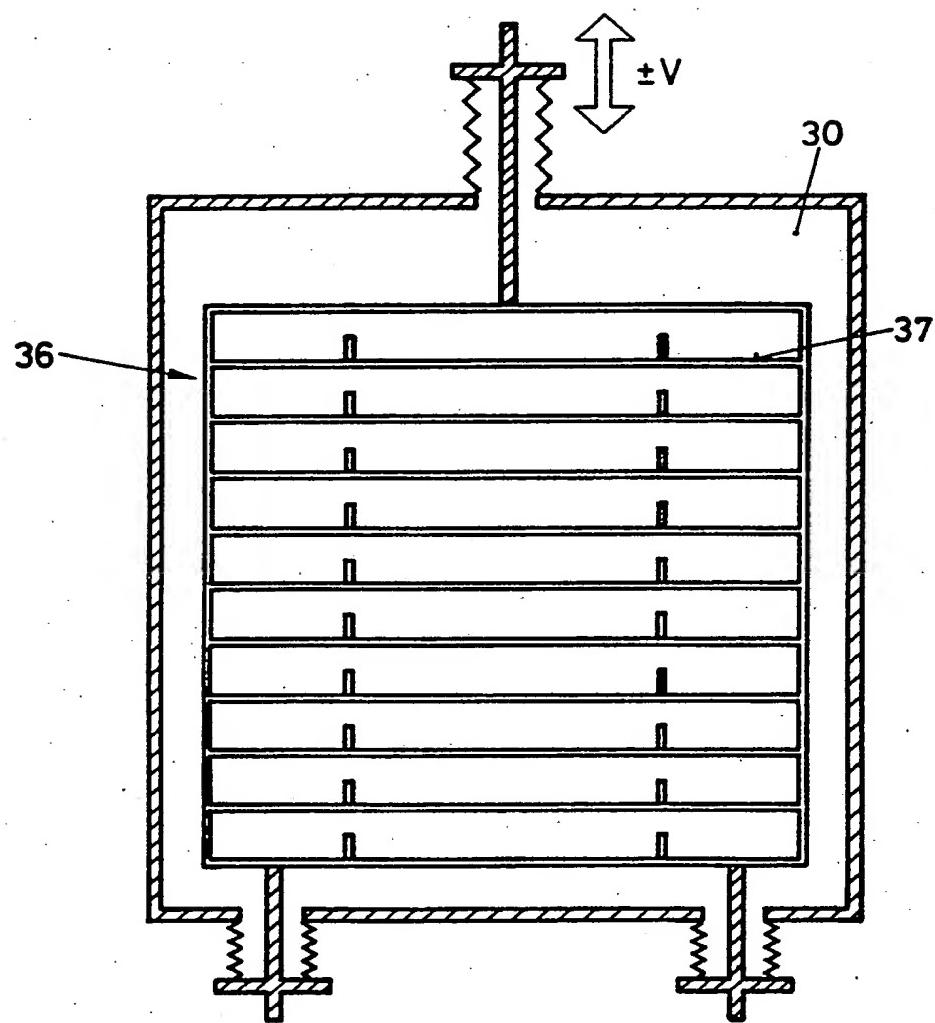
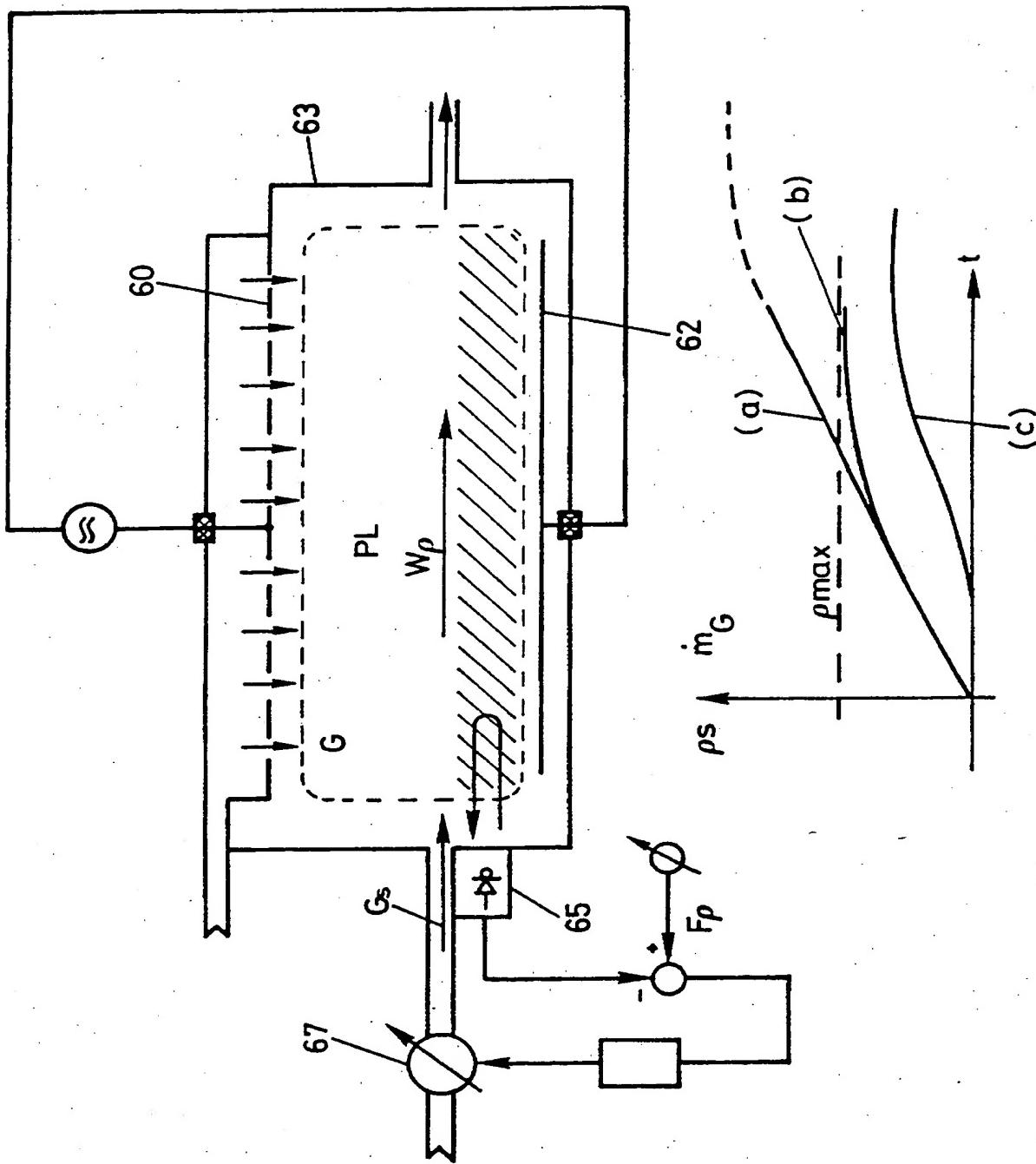


FIG. 6

FIG. 7



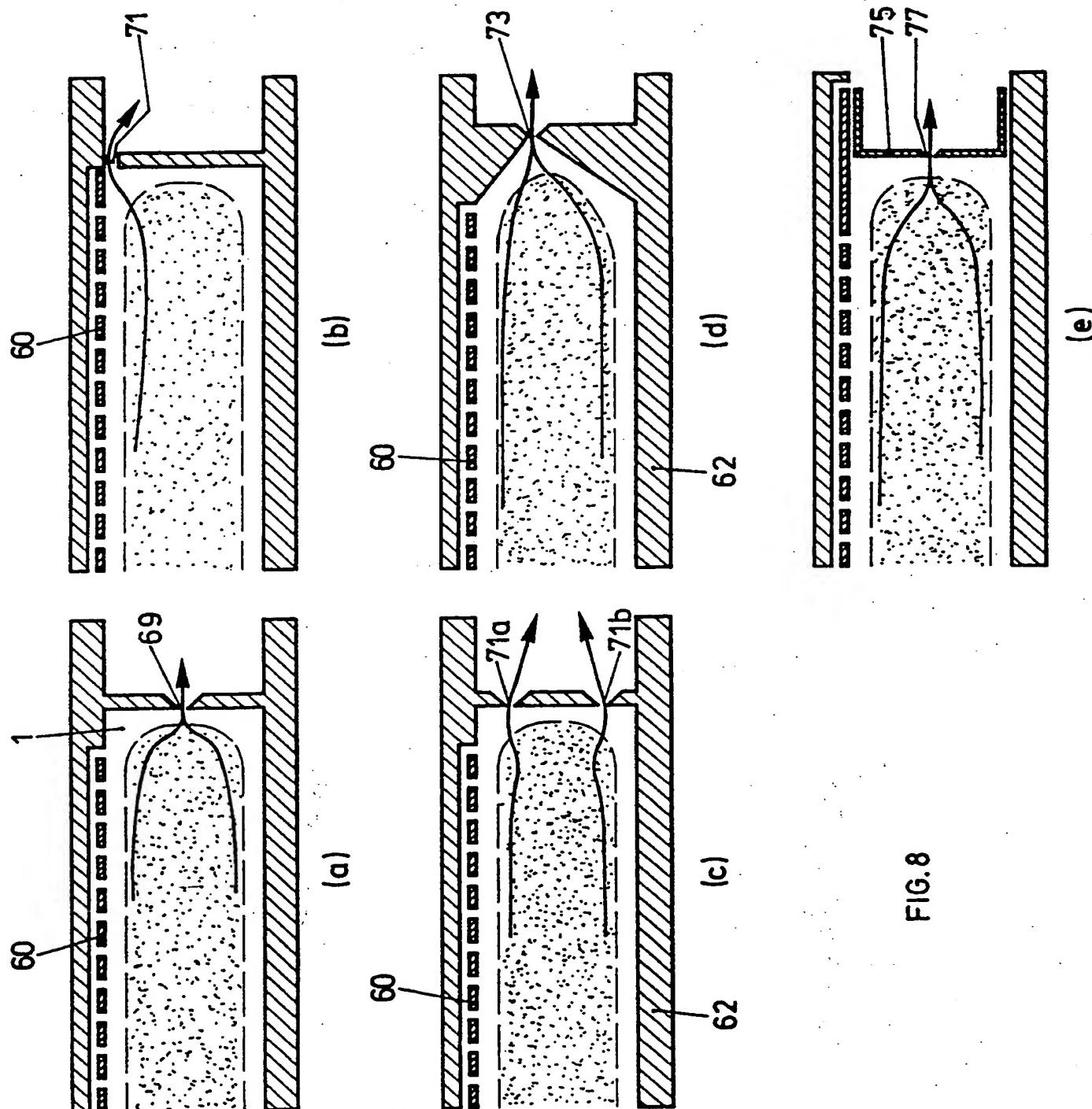


FIG. 8

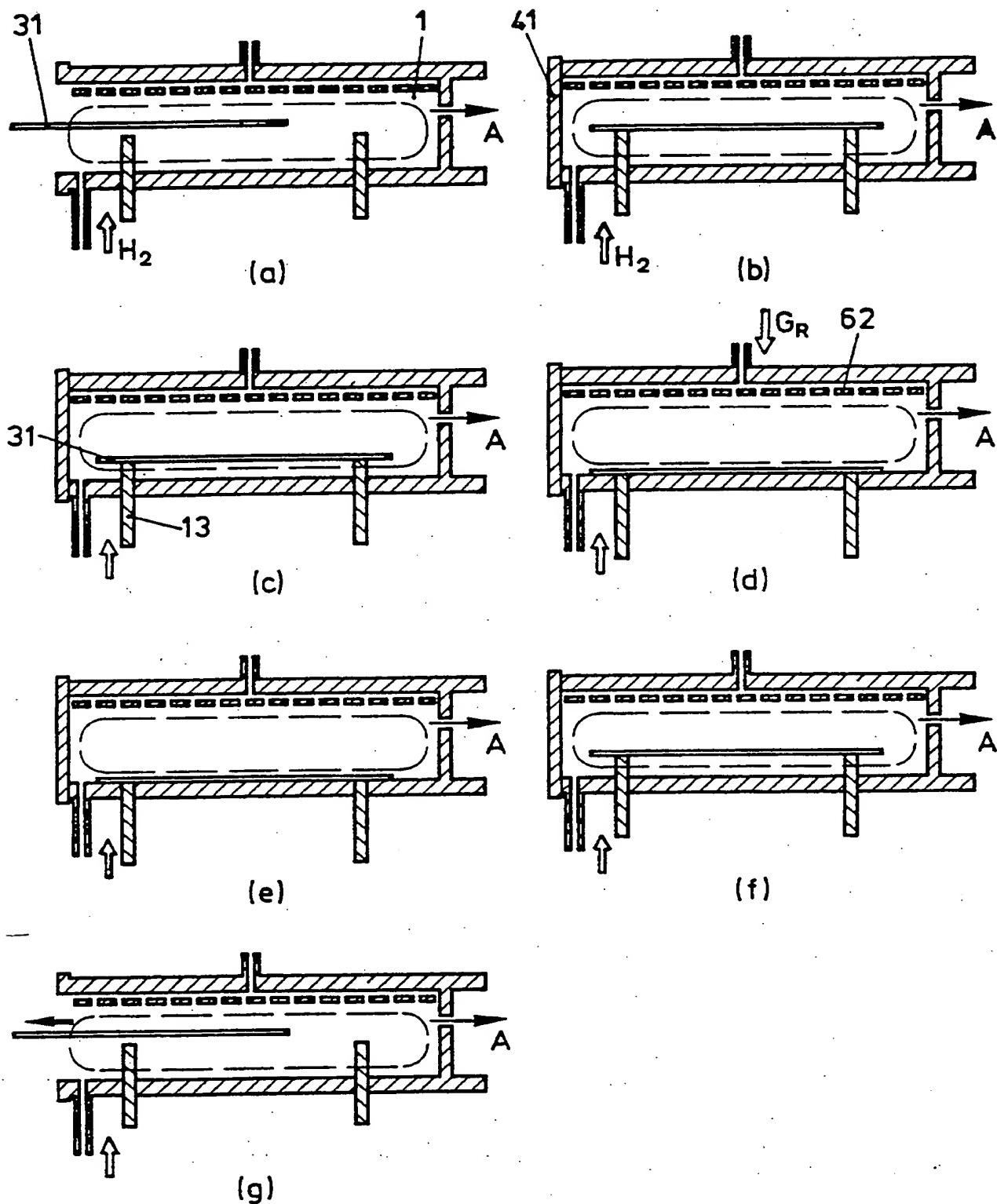


FIG. 9